

## Efluente da indústria de laticínios: Qual tecnologia aplicar para tratamento?

<sup>1</sup> Cíntia Clara Viana, <sup>2</sup> Henrique Vieira de Mendonça, <sup>3</sup> Marcelo Henrique Otenio

<sup>1</sup> Universidade Federal de Juiz de Fora, Programa de Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados, <sup>2</sup> Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, <sup>3</sup> Embrapa Gado de Leite.

As indústrias de laticínios formam um importante segmento industrial do ramo alimentício. Segundo o Anuário do Leite da EMBRAPA, de 2018, o Brasil é o quarto maior produtor mundial de leite, com 35,1 bilhões de litros/ano. O país registrou cerca de 2.000 laticínios legalizados com o Serviço de Inspeção Federal. Desta produção, 1/4 provém do cooperativismo, que desempenham papel importante na organização da produção, no processamento e na comercialização do setor. No primeiro trimestre de 2020, a quantidade de leite cru, resfriado ou não, industrializado foi de 6.300.048, segundo o IBGE. Nesta cadeia produtiva são necessários diversos tipos de processo, que vão desde a coleta, o resfriamento, o transporte, as análises, o armazenamento, a padronização, a pasteurização e a homogeneização até a obtenção dos produtos lácteos.

Os recursos hídricos são fundamentais para sustentar as atividades nas indústrias lácteas, sendo utilizados em sua maior parte na produção e posteriormente no tratamento de produtos, porém, estes estão cada vez mais escassos e dependem das devidas outorgas, um instrumento legal que assegura ao usuário o direito de utilizar este recurso. O uso dos recursos hídricos implica na geração de efluentes industriais, e estes, por questões ambientais e legais, além disto, deve ser tratado adequadamente. Tais efluentes são caracterizados por altas cargas orgânicas em decorrência da descontinuidade no ciclo de produção, lavagem de maquinários, veículos de transporte e tanques de armazenamento e constante uso de produtos

químicos das quais interferem significativamente na composição do efluente e nas tecnologias que deverão ser empregadas para seu devido tratamento.

Todo o efluente tratado gerado na indústria poderá ser reutilizado após o tratamento terciário com o uso de tecnologias mais atuais e que demonstram eficiência como a adsorção (carvão ativado) em que os poluentes ficam adsorvidos na superfície do carvão ativado através de ligações químicas (quimissorção) ou interações intermoleculares (fisissorção), a osmose reversa onde ocorre pela aplicação de pressão da qual o efluente passa por uma membrana semipermeável de material orgânico polimérico da qual os íons poluentes não conseguem ultrapassar, a ultrafiltração que é um processo de fracionamento seletivo que utiliza pressões acima de 10 bar e a ozonização, ou seja, processos oxidativos avançados (POAs) possibilitam que o composto não seja apenas transferido de fase, mas destruído e transformado em dióxido de carbono, água e ânions inorgânicos.

Ao contrário da reutilização, o efluente tratado na indústria também poderá ser lançado em curso hídrico desde que atenda aos parâmetros de lançamento determinado, no caso do estado de Minas Gerais, pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008 que conforme Art. 1º dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e determinado no § 4º para condições de lançamento de efluentes compre-

ende-se: pH, temperatura, materiais sedimentáveis, regime de lançamento, óleos e graxas, ausência de materiais flutuantes, DBO, DQO, substâncias tensoativas e sólidos em suspensão totais.

Na busca pelo tratamento adequado que atenda tais parâmetros, emprega-se diversas tecnologias disponíveis no mercado, como, por exemplo: tratamento primário de efluentes, que promove a sedimentação, baseando-se em um processo físico ou físico-químico, neste processo são separados os sólidos suspensos. Esta etapa consiste na passagem do efluente por um tanque em que ocorre a separação pela ação da gravidade ou pela adição de substâncias coagulantes, gerando uma corrente de efluente a ser tratado na próxima etapa. Integram esse processo o gradeamento, a decantação, a flotação, a separação de óleo, a equalização e a neutralização.

No que diz respeito ao tratamento secundário, os reatores biológicos são frequentemente utilizados para a redução de carga orgânica, principalmente dissolvida, nas águas residuárias. A biodegradação ocorre quando o efluente entra em contato com microrganismos, seja em ambiente aeróbio ou anaeróbio, onde a matéria orgânica é metabolizada podendo chegar à redução de até 99,5% da demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Este tratamento secundário pode empregar tecnologias como lodos ativados, filtros biológicos, lagoas aeradas ou combinação destas tecnologias.

Há uma necessidade crítica pela busca de tecnologias compactas, de alta eficiência de remoção, gerenciamento simples e constâncias no atendimento a legislação vigente, de forma a garantir o licenciamento das atividades. As plantas de lodo ativado têm sido amplamente aplicadas no tratamento de águas residuais e a eficiência da operação está diretamente relacionada ao volume de efluente e a carga orgânica recebida. Para minimizar o volume e simplificar o gerenciamento da planta, o sistema de biofilme e, em particular, o *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) representa uma opção promissora para o tratamento de águas residuais de laticínios.

Diversos estudos têm demonstrado uma grande variedade, dependendo das características do efluente de ser tratado, de microrganismos que se desen-

volem na matriz de biofilme composta por resíduos remanescentes do efluente, substâncias poliméricas extracelulares (EPS) e a presença de fungos e bactérias. As análises microbiológicas internas confirmaram a presença de um tipo de bactéria filamentosa *H. hydrophila*, presença de protozoários do grupo dos flagelados do gênero *Bodo*, presença de protozoários do grupo dos ciliados livre-nadantes do gênero *Uronema*.

Neste artigo será apresentado um estudo de caso sobre o desempenho de reatores de biofilme de leito móvel sequencial entre estágios aeróbicos destacando-se particularidades do sistema para tratamento conforme parâmetros de lançamento em curso hídrico, baseando-se nos resultados de análises laboratoriais durante o período de quatro anos consecutivos em uma estação de tratamento de efluentes de um laticínio com volume diário de leite processado médio de 85 mil litros, sendo atividade principal a fabricação de queijos e secundária a concentração de soro de leite por membranas de microfiltração.

Os efluentes foram caracterizados segundo os seguintes parâmetros físico-químicos: demanda química de oxigênio (DQO), DBO, óleos e graxas, pH, sólidos em suspensão e temperatura. As análises foram realizadas em conformidade com o Standard Methods, 2017. Os resultados das médias de cada parâmetro estão descritos nas tabelas abaixo:

Tabela 1 - Resultados de média – Efluente bruto

Parâmetros	Média
DBO (mg/l)	3.487
DQO (mg/l)	7.045
Óleos e Graxas (mg/l)	513
pH	7,45
Sólidos em Suspensão (mg/l)	1.352
Temperatura (°C)	24

Tabela 2 - Resultados médios do efluente tratado

Parâmetros	Média	DN Conjunta COPAM/CERH 01/2008
DBO (mg/l)	11,6	Até 60 mg/L
DQO (mg/l)	46,5	Até 180 mg/L
Óleos e Graxas (mg/l)	15,2	Até 50 mg/L
pH	7,5	Entre 6,0 a 9,0
Sólidos em Suspensão (mg/l)	11	Até 100 mg/L
Temperatura (°C)	25,2	Inferior a 40°C

A eficiência média de remoção de DBO foi de 99,5% enquanto a de DQO 99,2%. Quando comparado a legislação aplicável, todos os parâmetros atenderam satisfatoriamente as condições de lançamento em curso hídrico.

Como vantagens da tecnologia podemos citar: a formação de biofilme junto ao meio suporte (bio-ring) aumenta a superfície de contato entre a biomassa e o efluente, o que implica em menores áreas de implantação, a constante agitação por meio da insuflação de ar garante a mistura completa e manutenção de biomassa suspensa e devido a uma maior concentração e diversidade de biomassa no reator, o processo torna-se estável a choques de carga orgânica e hidráulica, possui facilidade de automação, implica em menores impactos ambientais (visual, odor, ruído) além da redução do consumo de energia elétrica.

O meio suporte (bio-ring) é formado de anéis ou prismas de polietileno, com área específica da ordem de  $650\text{m}^2/\text{m}^3$  de enchimento fornecidos por Biowater/Noruega.

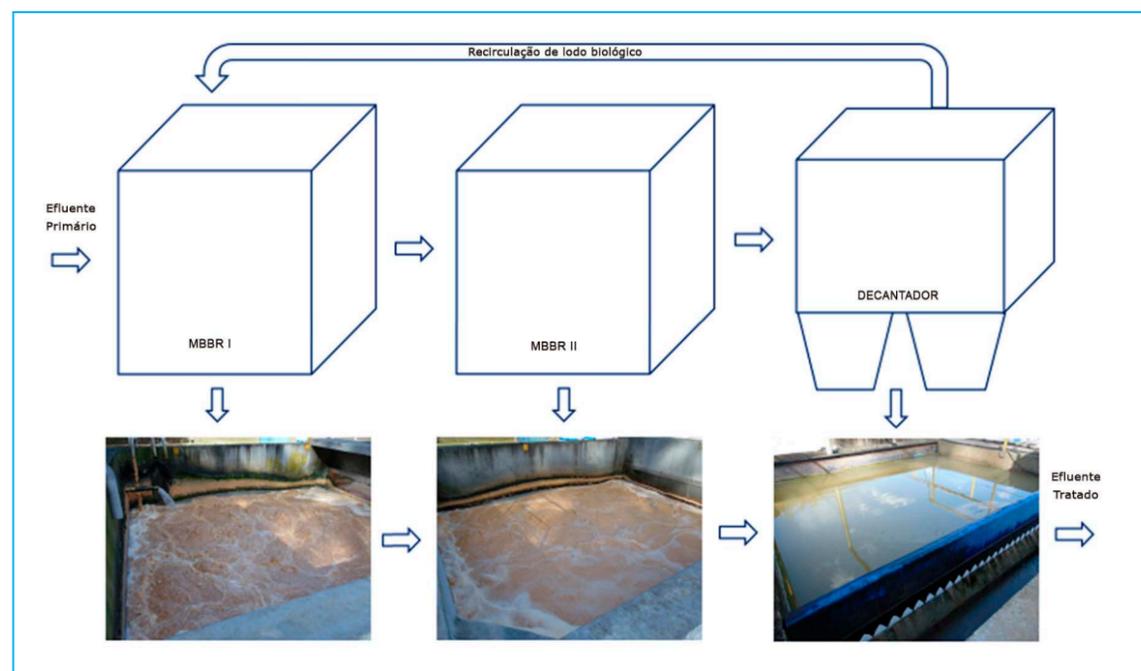


Figura 1 - Sistema com dois reatores MBBR aeróbios, seguido de decantação com recirculação de lodo. Fonte: Arquivo pessoal, 2020.

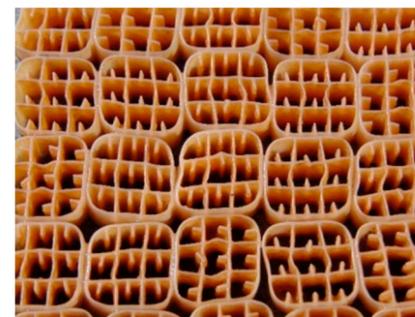


Figura 2 - Aspecto típico do biofilme que desenvolve na biomediação. Fonte: Arquivo pessoal, 2020.

A introdução de oxigênio é feita através de tubulação de aço inox, com furos de 4 mm, de forma a facilitar a oxigenação e a mistura do material em suspensão, prevendo-se a manutenção de um residual de oxigênio dissolvido no tanque de aeração de cerca de 1,5 a 2,5 mg/l.

O enchimento plástico impregnado com o material biológico é mantido continuamente no interior do tanque de aeração, devido à existência de uma malha de aço inox, que só permite a saída do efluente com as partículas de lodo biológico que se despreendem naturalmente do enchimento plástico, vindo a constituir o excesso de lodo biológico que deverá ser removido e descartado adequadamente, neste caso, pratica-se a reutilização do lodo através da compostagem externamente.

O processo de tratamento biológico ocorre com a atividade dos microrganismos convertendo os poluentes encontrados no efluente. Os microrganismos responderão ao seu meio e há muitos fatores que poderão reduzir a atividade biológica, consequentemente, a eficiência de tratamento poderá ser reduzida, devido a desvantagens, tais como: excesso de espuma, oxigênio insuficiente, defeito nos misturadores mecânicos do reator, concentração de nutrientes, substâncias inibidoras como oxigênio, amônia, enxofre e metais leves (Na, K, Ca, Mg) e pesados (Ni, Cu, Pb, Cr, Zn), variações bruscas na carga orgânica do efluente, etc. Alguns fatores são de tipo geral: o restabelecimento deverá ser feito com baixa carga hidráulica, aproximadamente 50% da carga de projeto e deve-se contar com condições ótimas durante o restabelecimento, como nível de OD elevado e pH estável, entre 7 e 8 e no caso de espuma em excesso, uso de antiespumantes.

O MBBR é uma tecnologia que vem ganhando mercado e aplicação para o tratamento de efluentes e os conceitos para a ETE em estudos se basearam em adaptação com as estruturas já existentes e definição de projetos dimensionais com cargas para a construção civil, detalhamentos específicos, fabricação e compra de materiais necessários, montagem, treinamentos e start-up's, sendo assim, os custos da tecnologia variam de acordo com as necessidades apresentadas pelos laticínios, custos estes que se apresentam viáveis em se tratando de alcance de desempenho, eficiência e estabilidade operacional que proporciona continuidade quanto à conformidade no atendimento aos parâmetros da legislação ambiental garantindo assim, o pleno funcionamento dos empreendimentos com respeito aos recursos naturais.

Considerando-se os resultados demonstrados na Tabela 2, verifica-se que este sistema tem demonstrado eficiência satisfatória no tratamento do efluente deste laticínio, gerando assim, um lançamento final que não acarreta danos ao corpo hídrico receptor.

Como cenário futuro e objetivando-se aumento de produção pode-se considerar a possibilidade de troca do equipamento de flotação que possibilite maior vazão além de aumento no dimensionamento no decantador final de forma a controlar possíveis situações de suspensão de sólidos e garantir a continuidade na eficiência do tratamento, visto que a tecnologia em questão vem atendendo todos os requisitos internos pertinentes a gestão do empreendimento e externos pertinentes as condicionantes impostas por órgãos competentes. 